

TNO-rapport
TM-99-A077

titel

**De effecten van monoculaire en
binoculaire helderheidsversterkers
op het rijgedrag en comfort**

TNO Technische Menskunde

Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg
Telefoon 0346 35 62 11
Fax 0346 35 39 77

auteurs

W. van Winsum
F.L. Kooi

datum

22 november 1999

"DTIC USERS ONLY"

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
vooraafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO, dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 1999 TNO

aantal pagina's : 27 (incl. bijlagen,
excl. distributielijst)

2000127 043

DTCG QUALITY INSPECTED 1

TNO Technische Menskunde is onderdeel
van TNO Defensieonderzoek
waartoe verder behoren:
TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium
TNO Prins Maurits Laboratorium



AQFOO-04-1010

Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Management uittreksel

TNO Technische Menskunde, Soesterberg

titel: De effecten van monoculaire en binoculaire helderheidsversterkers op het rijgedrag en comfort
auteurs: Dr. W. van Winsum en dr. F.L. Kooi
datum: 22 november 1999
opdrachtnr.: A99/KL/337
IWP-nr.: 788.2
rapportnr.: TM-99-A077

Voor de Koninklijke Landmacht is een veldexperiment uitgevoerd waarin het rijden tijdens de nacht met monoculaire en binoculaire helderheidsversterkers is getest in onverhard terrein. Naast de effecten op het rijgedrag zijn de effecten van de verschillende typen helderheidsversterkers op het draagcomfort en het visuele comfort gemeten.

De rijsnelheid en rijnaauwkeurigheid laten geen voordeel van de binoculaire ten opzichte van de monoculaire configuratie zien. Daar tegenover staat dat uit de enquêteresultaten blijkt dat de monoculaire configuratie negatiever beoordeeld wordt op het kijkcomfort (chauffeur), het draagcomfort (bijrijder), foutief dieptezielen (chauffeur), de stabiliteit van de kijker voor de ogen (bijrijder), de noodzaak om de kijker recht te zetten (bijrijder) en het algemene oordeel (chauffeurs). Op de subjectieve metingen worden de binoculaire kijkers dus duidelijk positiever beoordeeld dan de monoculaire kijkers. Daarnaast hield men er met de monoculaire configuratie veel sneller mee op. Blijkbaar is het enerzijds wel mogelijk om even snel te rijden, maar schiet anderzijds het comfort met de monoculaire configuratie tekort. Als reden voor het vroegtijdig stoppen met rijden met de monoculaire kijkers werd opgegeven dat men "met dit systeem onder operationele omstandigheden niet verder zou rijden". Het komt er op neer dat de chauffeurs aangeven dat de beeldkwaliteit onvoldoende zou zijn in onbekend terrein. Indien de KL overweegt om chauffeurs uit te rusten met een monoculair systeem zou deze hypothese getest kunnen worden d.m.v. een rijproef in onbekend terrein.

Een langdurige rijtaak stelt stringente eisen aan de hoofdbevestiging, met name wat betreft de stabiliteit. Voor de aanschaf van de hoofdbevestiging dient hier rekening mee te worden gehouden.

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. DEFENCE REPORT NO.	2. RECIPIENT ACCESSION NO.	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO.
TD 99-0368		TM-99-A077
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO.	5. CONTRACT NO.	6. REPORT DATE
788.2	A99/KL/337	22 November 1999
7. NUMBER OF PAGES	8. NUMBER OF REFERENCES	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED
27	17	Interim
10. TITLE AND SUBTITLE		
<p>De effecten van monoculaire en binoculaire helderheidsversterkers op het rijgedrag en comfort (The effects of monocular and binocular nightvision devices on driving behaviour and comfort)</p>		
11. AUTHOR(S)		
W. van Winsum and F.L. Kooi		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)		
<p>TNO Human Factors Research Institute Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG</p>		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)		
<p>Director of Army Research and Development Van der Burchlaan 31 2597 PC DEN HAAG</p>		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTES))		
<p>Under contract of the Royal Dutch Army, a field experiment was conducted in which night-time driving with monocular and binocular night vision goggles (NVGs) was tested in rough terrain. The effects of the NVGs was tested on driving behaviour and on various aspects of comfort. The results give answer to a number of questions that were raised concerning the optimal configuration of NVGs while driving at night. Drivers are able to drive safely at night with binocular night vision devices, also with a binocular alignment error. No serious problems related to a lack of wearing comfort or visual comfort were found. Driving with a monocular NVG results in equally good performance. However, some of the drivers were not able to complete the two hour session, implying that binocular devices are more suitable for prolonged driving. Also, the visual comfort was rated lower for the monocular NVG. The most common reason given for stopping before the end of the session with a monocular NVG is that 'they would not have continued driving under operational conditions' implying that the monocular NVG would be insufficient in unknown terrain. The binocular devices are rated positively by the drivers.</p>		
16. DESCRIPTORS		IDENTIFIERS
..		..
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)
Mailing list only		

Management uittreksel

TNO Technische Menskunde, Soesterberg

titel: De effecten van monoculaire en binoculaire helderheidsversterkers op het rijgedrag en comfort
auteurs: Dr. W. van Winsum en dr. F.L. Kooi
datum: 22 november 1999
opdrachtnr.: A99/KL/337
IWP-nr.: 788.2
rapportnr.: TM-99-A077

Voor de Koninklijke Landmacht is een veldexperiment uitgevoerd waarin het rijden tijdens de nacht met monoculaire en binoculaire helderheidsversterkers is getest in onverhard terrein. Naast de effecten op het rijgedrag zijn de effecten van de verschillende typen helderheidsversterkers op het draagcomfort en het visuele comfort gemeten.

De rijsnelheid en rijnaauwkeurigheid laten geen voordeel van de binoculaire ten opzichte van de monoculaire configuratie zien. Daar tegenover staat dat uit de enquêteresultaten blijkt dat de monoculaire configuratie negatiever beoordeeld wordt op het kijkcomfort (chauffeur), het draagcomfort (bijrijder), foutief dieptezielen (chauffeur), de stabiliteit van de kijker voor de ogen (bijrijder), de noodzaak om de kijker recht te zetten (bijrijder) en het algemene oordeel (chauffeurs). Op de subjectieve metingen worden de binoculaire kijkers dus duidelijk positiever beoordeeld dan de monoculaire kijkers. Daarnaast hield men er met de monoculaire configuratie veel sneller mee op. Blijkbaar is het enerzijds wel mogelijk om even snel te rijden, maar schiet anderzijds het comfort met de monoculaire configuratie tekort. Als reden voor het vroegtijdig stoppen met rijden met de monoculaire kijkers werd opgegeven dat men "met dit systeem onder operationele omstandigheden niet verder zou rijden". Het komt er op neer dat de chauffeurs aangeven dat de beeldkwaliteit onvoldoende zou zijn in onbekend terrein. Indien de KL overweegt om chauffeurs uit te rusten met een monoculair systeem zou deze hypothese getest kunnen worden d.m.v. een rijproef in onbekend terrein.

Een langdurige rijtaak stelt stringente eisen aan de hoofdbevestiging, met name wat betreft de stabiliteit. Voor de aanschaf van de hoofdbevestiging dient hier rekening mee te worden gehouden.

	Blz.
INHOUD	
SAMENVATTING	3
SUMMARY	4
1 INLEIDING	5
2 METHODE	8
2.1 Procedure	8
2.2 Proefpersonen	10
2.3 Apparatuur en testen	10
2.4 Variabelen	12
3 RESULTATEN	14
3.1 Lichtmetingen en weersomstandigheden	14
3.2 Effecten op het rijgedrag	15
3.3 Effecten op het discomfort	17
3.4 Effecten op de subjectieve beoordeling van de HV kijkers	20
4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	22
4.1 Hoofdbevestiging	22
4.2 Prestatie van de monoculaire configuratie	23
4.3 Algemene conclusies	23
REFERENTIES	25
BIJLAGE A Vragenlijst	27

Rapport nr.: TM-99-A077

Titel: De effecten van monoculaire en binoculaire helderheidsversterkers op het rijgedrag en comfort

Auteurs: Dr. W. van Winsum en dr. F.L. Kooi

Instituut: TNO Technische Menskunde
Afd.: Vaardigheden

Datum: november 1999

DO Opdrachtnummer: A99/KL/337

Nummer in MLTP: 788.2

SAMENVATTING

Voor de Koninklijke Landmacht is een veldexperiment uitgevoerd waarin het rijden met monoculaire en binoculaire helderheidsversterkers is getest in onverhard terrein. De ritten vonden 's nachts plaats. Naast de effecten op het rijgedrag zijn de effecten van de verschillende typen helderheidsversterkers op het draagcomfort en het visuele comfort gemeten. De resultaten verhelderen een aantal van de gestelde vragen betreffende de optimale HV-bril configuratie voor het rijden bij nacht. Het rijden met een binoculaire bril bleek goed uitvoerbaar te zijn, ook wanneer deze een uitlijningsfout had. Voor bezwaren van onvoldoende draag- en kijkcomfort zijn geen aanwijzingen gevonden. Verder is gebleken dat het rijden met een monoculaire bril even goede rijprestaties oplevert als het rijden met een binoculaire bril, hoewel de chauffeurs het minder lang volhielten en het kijkcomfort beduidend lager was. Als reden voor het vroegtijdig stoppen met rijden werd soms opgegeven dat men "met dit systeem onder operationele omstandigheden niet verder zou rijden". Het komt er op neer dat volgens de chauffeurs de beeldkwaliteit van de monoculaire brillen onvoldoende is voor het rijden in onbekend terrein of gedurende lange tijd. De binoculaire brillen werden door de chauffeurs positief beoordeeld.

Rep. No. TM-99-A077

TNO Human Factors Research Institute
Soesterberg, The Netherlands

The effects of monocular and binocular nightvision devices on driving behaviour and comfort

W. van Winsum and F.L. Kooi

SUMMARY

Under contract of the Royal Dutch Army, a field experiment was conducted in which night-time driving with monocular and binocular night vision goggles (NVGs) was tested in rough terrain. The effects of the NVGs was tested on driving behaviour and on various aspects of comfort. The results give answer to a number of questions that were raised concerning the optimal configuration of NVGs while driving at night. Drivers are able to drive safely at night with binocular night vision devices, also with a binocular alignment error. No serious problems related to a lack of wearing comfort or visual comfort were found. Driving with a monocular NVG results in equally good performance. However, some of the drivers were not able to complete the two hour session, implying that binocular devices are more suitable for prolonged driving. Also, the visual comfort was rated lower for the monocular NVG. The most common reason given for stopping before the end of the session with a monocular NVG is that 'they would not have continued driving under operational conditions' implying that the monocular NVG would be insufficient in unknown terrain. The binocular devices are rated positively by the drivers.

1 INLEIDING

De KL heeft het voornemen om bestuurders van militaire voertuigen tijdens nachtelijke manoeuvres uit te rusten met helderheidsversterkers. De reden daarvoor is dat het voeren van verlichting in sommige omstandigheden om redenen van veiligheid ongewenst is. Om zich dan toch te kunnen verplaatsen met voldoende snelheid en veiligheid zou het gebruik van helderheidsversterkers (HV-kijkers) uitkomst kunnen bieden. Een probleem daarbij is dat niet goed duidelijk is wat de invloed van verschillende types van HV-kijkers op de rijprestatie en het comfort is. Meer in het bijzonder is niet duidelijk of het mogelijk is om gedurende langere tijd vlot en veilig te rijden met een HV-kijker in het donker in ruw terrein, en waaraan de HV-kijkers dienen te voldoen om deze taak goed uit te voeren. Het experiment dat hier wordt besproken is gericht op het beantwoorden van deze vragen.

Er wordt dikwijls verondersteld dat binoculaire HV-kijkers het zicht in het donker dusdanig verbeteren dat er 's nachts goed mee gereden kan worden. De voordelen zouden zijn dat er via twee buizen visuele informatie wordt aangeboden, waardoor de lichtopbrengst groter is dan bij een monocular systeem (één buis), en er bovendien meer, zij het redundante, informatie wordt aangeboden (twee ogen zien meer dan één). Daarnaast leidt het stereoscopisch effect tot dieptezielen, wat bij terreinrijden een toegevoegde waarde kan hebben. De diepte van kuilen en greppels en de hoogte van heuvels zouden dan beter ingeschat kunnen worden. Een nadeel is echter dat binoculaire HV-kijkers relatief zwaar zijn en in de praktijk doorgaans niet perfect zijn uitgelijnd. Dit kan discomfort, visuele vermoeidheid en scheel kijken veroorzaken. Dit laatste kan echter worden tegengegaan door een goede visuele uitlijning, hetgeen een positieve invloed heeft op het visueel comfort. Monoculaire HV-kijkers zouden minder goede resultaten kunnen geven in vergelijking met binoculaire HV-kijkers omdat de beeldkwaliteit lager is. Daarnaast is het visueel comfort bij monoculaire systemen mogelijk lager omdat er een luminantieverschil is tussen het oog met de HV-buis en het oog zonder. Daar staat tegenover dat het gewicht van de monoculaire kijker relatief laag is en dat het gezichtsveld van het vrije oog groot is. In hoeverre dat een voordeel is zal afhangen van de hoeveelheid beschikbaar licht.

In de literatuur bestaan er echter aanwijzingen dat de relatie tussen de zichtbaarheid en het rijgedrag minder direct is dan hierboven verondersteld. Een beter zicht, zoals bij binoculaire HV-kijkers, vertaalt zich niet direct in een betere rijprestatie. Brown en McFadden (1986) geven aan dat bestuurders van voertuigen vaak een lagere rijsnelheid kiezen bij visuele waarneming middels indirect zicht, zoals bij helderheidsversterkers, infra-rood camera's en andere camera systemen. Dat kan een probleem zijn wanneer er gereden moet worden onder tijdsdruk. De redenen voor de lagere rijsnelheid zijn niet goed duidelijk, al is wel zeker dat de beperkte veldgrootte bij indirecte zichtsystemen daarbij een rol speelt. Daarnaast speelt ook de resolutie een rol. Toch kunnen deze factoren niet alle negatieve effecten van indirecte zichtsystemen op het rijgedrag verklaren. Het simpele feit dat de beelden er wat anders uitzien dan anders en dat het zicht niet direct is kan er al toe leiden dat bestuurders voorzichtiger zijn.

tiger worden en onzekerder in hun acties. Het gebruik van helderheidsversterkers tijdens vliegen op geringe hoogte is bekritiseerd omdat er ongevallen zouden zijn gebeurt als gevolg van verslechterde diepte perceptie (DeLucia & Task, 1995).

Hieronder volgt een opsomming van een aantal voor de rijtaak relevante aspecten waarop monoculaire en binoculaire HV-kijkers van elkaar kunnen verschillen.

- 1) verschillen in *diepteperceptie* (stereoscopie): bij binoculaire HV-kijkers zou er een betere dieptewaarneming mogelijk zijn. Uit de literatuur blijkt dat de afstand waarbinnen stereopsis invloed heeft op de taakprestatie beperkt is tot 10–20 meter. Daarna zijn andere cues voor het schatten van de afstand effectiever (Rinalducci, 1996). Het is echter de vraag of die cues ook nog effectief zijn in het donker bij monoculaire HV's. Doorgaans worden er geen effecten van stereoscopie op de rijprestatie gevonden (zie bv. Wood & Troutbeck, 1994). Alleen wanneer de taakcomplexiteit hoog is, bijvoorbeeld bij slecht zicht of wanneer er een grote precisie vereist is in het sturen, kan de prestatie verbeteren door stereoscopische informatie (zie bv. Drascic, 1991). Bij het rijden onder slechte visuele omstandigheden in ruw terrein waarbij een goede inschatting van afstanden tot objecten vlak voor het voertuig noodzakelijk is kan stereoscopische informatie mogelijk de rijprestatie verbeteren (Van Erp & Van Winsum, 1999). Om deze voordelen in te schatten is dan een variatie in terreinkenmerken (vlak vs. ruw terrein) noodzakelijk.
- 2) verschillen in *hoeveelheid en kwaliteit van de informatie*: in dit geval gaat het niet om de binoculaire dispariteit, maar om de binoculaire concordantie, d.w.z. ‘twee ogen zien meer dan één’. Bij binoculaire HV-kijkers wordt er via twee buizen waargenomen en is de lichtopbrengst twee keer groter. Uit onderzoek van Jones en Lee (1981) blijkt dat binocular zien in veel taken een verbetering van de prestatie geeft, ook wanneer er geen dieptecues nodig zijn voor de taakuitvoering. Als reden wordt daarvoor gegeven de binoculaire concordantie. Als gevolg daarvan zou verwacht kunnen worden dat de rijprestatie beter is met binoculaire HV-kijkers dan met monoculaire HV-kijkers, hoewel de mate waarin dat het geval is zal afhangen van wat het vrije oog bij monoculaire HV-kijkers nog kan zien.
- 3) verschillen in *visuele veldgrootte*: bij binoculaire HV-kijkers is de grootte van het zichtveld kleiner dan bij de monoculaire systemen, omdat in het laatste geval er een oog vrij is met een groter gezichtsveld. De beperkte visuele veldgrootte van helderheidsversterkers wordt ook door Hudson (1986) genoemd als een probleem, vooral bij het insturen van bochten en het omzeilen van obstakels vlak naast het traject waarover het voertuig rijdt. Visuele veldgrootte beïnvloedt de snelheidskeuze en de accuratesse van het sturen. Zo vonden Wood en Troutbeck (1992) dat een kleiner visueel veld resulteert in een lagere rijsnelheid en minder accuraat manöuvreren. Daarnaast is uit onderzoek gebleken dat een kleiner zichtveld leidt tot een minder goede snelheidsperceptie en inschatting van tijdsrelaties tot andere objecten (zie bv. Groeger & Brown, 1988). Voor het correct inschatten van de snelheid van het eigen voertuig is perifere informatie van belang. Een kleinere visuele veldgrootte verslechtert de waarneming van perifere informatie en zou zo de snelheidsin-

schatting negatief kunnen beïnvloeden. Steward (1997) vond dat de besturing van helikopters verslechterde bij het gebruik van een nacht-zicht systeem. Deze verslechterde besturing werd toegeschreven aan de geringe veldgrootte. Daarnaast blijkt dat een kleinere veldgrootte leidt tot meer hoofdbewegingen en verminderde efficiëntie van het visuele scannen (Venturino & Wells, 1990). Daardoor kan de bestuurder eerder vermoeid raken en kan er desoriëntatie ontstaan. Vanuit deze optiek kan juist een betere rijprestatie verwacht worden bij monoculaire HV-kijkers, aangezien het vrije oog een groter zichtveld biedt. De mate waarin er met dat vrije oog van het grotere zichtveld geprofiteerd kan worden is natuurlijk afhankelijk van hoe donker het is.

- 4) verschillen in *comfort*: binoculaire systemen zijn zwaarder dan monoculaire systemen. Daarnaast is er ook het effect van visueel comfort en visuele vermoedheid dat vooral van belang is bij het meten van verschillen tussen goed en slecht uitgelijnde systemen. De effecten hiervan op de rijprestatie zijn niet goed voorspelbaar. Voor het inschatten van de effecten op het comfort en de ervaren vermoedheid is het vereist dat er gedurende langere tijd achtereen gereden wordt met de HV-kijkers. Wanneer er slechts korte tijd gereden wordt met HV-kijkers kunnen de gebruikers zich nog redelijk aanpassen terwijl dat over langere periode minder goed mogelijk is (Hudson, 1986).
- 5) verschillen in het ‘anders zijn’ van de beelden: bij monoculaire HV-kijkers biedt het vrije oog normaal zicht zoals de gebruiker dat gewend is, terwijl de binoculaire HV-kijkers uitsluitend indirect zicht bieden. Ook bij relatief optimale HMD’s wat betreft resolutie en zichtveld vindt men vaak dat er met een lagere snelheid wordt gereden dan bij direct zicht. De reden daarvoor is niet geheel duidelijk. Zo werd door Van Erp en Van Winsum (1999) gevonden dat er tussen direct zicht zonder beperkingen in de visuele veldgrootte en direct zicht met veldgrootte beperkingen geen verschillen waren in de verrichting van de rijtaak, terwijl bij een HMD met dezelfde beperkingen in veldgrootte de uitvoering van de rijtaak meer tijd vergde doordat er langzamer gereden werd. De mogelijke redenen daarvoor zijn de lagere resolutie, lager comfort, gebrek aan kleuren en de ongebruikelijke apparatuur en beelden. Volgens Roscoe (1984) is een algemeen kenmerk van alle systemen die werken met optisch gegenereerde displays dat ze resulteren in systematische fouten in het schatten van grootte en afstand. Daarnaast kan het simpele feit dat de beelden er anders uitzien dan wat de gebruiker gewend is en dat het zicht niet direct is er al toe leiden dat bestuurders voorzichtiger worden en minder zeker zijn van hun acties.
- 6) verschillen in de snelheid van het focussen. Monoculaire kijkers zijn eenvoudig en met één hand te focussen. Het focussen van binoculaire kijkers wordt bemoeilijkt doordat de twee objectieven in dezelfde mate moeten worden bijgesteld.

Op grond van sommige factoren kan dus een betere prestatie verwacht worden bij binoculaire HV-kijkers, terwijl andere factoren aanleiding geven om betere prestaties te verwachten bij monoculaire HV-kijkers. Welke factoren de grootste invloed hebben zal afhankelijk zijn van omgevingscondities. Zo kan de hoeveelheid detail die er met het vrije oog in de monoculaire conditie gezien kan worden in het donker van invloed zijn op de resultaten. Voor de interpretatie van de resultaten zal de lichtintensiteit tijdens deritten gemeten worden.

Daarnaast is het gewenst om tijdens de ritten variatie te hebben in de moeilijkheid van het terrein. Sterk geaccidenteerde stukken moeten worden afgewisseld met relatief eenvoudige vlakke stukken, als een onafhankelijke factor in het experimenteel ontwerp, om de invloed daarvan te kunnen nagaan op de rijprestatie bij verschillende typen HV-kijkers. Ook is het van belang dat elke rit van redelijk lange duur is om effecten van vermoeidheid te kunnen meten.

2 METHODE

2.1 Procedure

Het experiment is uitgevoerd in de weken 33 en 34 vanaf 22.00 tot ongeveer 02.30 's nachts op het militaire oefenterrein 'De Vlasakkers'. Het experiment bestond uit het gedurende twee uur onafgebroken terreinrijden, eenmaal gedurende het eerste deel van de nacht en eenmaal gedurende het tweede deel van de nacht. Daarbij reden tegelijkertijd drie MB terreinwagens een aantal rondjes over een vaste route. In totaal waren er 12 proefpersonen, waarvan er 6 gedurende de eerste week deelnamen aan het experiment, en de andere 6 gedurende de tweede week.

De proefleider en twee officieren zaten tijdens het experiment in een zgn. lichtdichte shelter (vrachtwagen) waarbij de proefleider de doorgangstijden van de terreinwagens bij verschillende doorgangsposten registreerde en andere relevante metingen en instructies verrichtte. Eén van de aanwezige officieren voerde de radiocommunicatie met de voertuigen, en de andere assisteerde bij andere voorkomende taken. Het experiment werd over een periode van twee weken uitgevoerd, gedurende de dinsdag-, woensdag- en donderdagnachten. In de eerste week werd de eerste groep van 6 proefpersonen op de dinsdagavond voorafgaand aan de rijproeven gebriefd over het experiment en werden de proefpersoonverklaringen ingevuld en een aantal testen voor de visuele waarneming (visus en dieptezielen) gedaan. Op de dinsdagavond van de tweede week gebeurde hetzelfde voor de tweede groep van 6 proefpersonen. Tijdens de experimenten werden op een aantal momenten gedurende de nacht lichtmetingen verricht met de PR550. Per nacht voerden de proefpersonen twee ritten uit, eenmaal als chauffeur en eenmaal als bijrijder. Een rit bestond uit een aantal rondes (doorgaans 6 of 7) over het parcours (zie later). Voorafgaand aan de ritten werden er een variabel aantal exercitiemijnen langs het parcours gelegd. Deze dienden tijdens het rijden door de chauffeur gedetecteerd te worden. Aan het eind van elke ronde meldde de chauffeur het aantal waargenomen mijnen.

Er werd met 3 voertuigen tegelijkertijd gereden. Elk voertuig had een afzonderlijk identificatienummer waardoor deze tijdens de radiocommunicatie met de shelter te onderscheiden waren. De voertuigen startten op een onderlinge afstand van 5 minuten op commando van de

verbindingsofficier. Tijdens het rijden werd bewaakt dat de voertuigen elkaar niet konden inhalen, aangezien dat de rijsnelheden zou kunnen beïnvloeden. Wanneer een voertuig de shelter passeerde met een tussentijd van minder dan 5 minuten tot het voorgaande voertuig, werd deze stopgezet totdat er 5 minuten verlopen waren (sinds het passeren van het voorgaande voertuig). Elke proefpersoon werd geobserveerd door een bijrijder, die kon waarschuwen in geval van gevaarlijk gedrag van de proefpersoon. De bijrijder beschikte eveneens over een HV-kijker. De chauffeurs kregen de instructie om vlot maar veilig te rijden. De bijrijders bewaakten de kwaliteit van de taakuitvoering en konden de rit stopzetten wanneer naar hun oordeel de veiligheid gevaar liep. Verder verzamelden de bijrijders een aantal gegevens. De bijrijder droeg tijdens de ritten een Sony digitale minidisc (MD) recorder in de rechterzak van zijn tenue. Deze werd voorafgaand aan de ritten aangezet op opnemen waarbij de starttijd gesynchroniseerd werd met een stopwatch. Aan het revers werd een kleine microfoon bevestigd die was aangesloten op de MD recorder. Daardoor werd alle gesproken tekst tijdens de ritten opgenomen. Aan het begin en het eind van elk segment van de route stond een paaltje met een nummer (een zwart cijfer op een wit bord) dat met een LED werd belicht waardoor de nummers van veraf goed met de HV kijkers te lezen waren. Elke keer wanneer het voertuig zo'n bord passeerde gaf de bijrijder middels de radio door aan de shelter welk bord op dat moment werd gepasseerd, en welk voertuignummer het betrof. De tijden werden genoteerd door de testleider, waardoor achteraf de gemiddelde snelheden per segment berekend konden worden. Daarnaast stelde de bijrijder aan het eind van elke ronde een aantal vragen, die tezamen met de antwoorden werden opgenomen op de MD recorders. Deze vragen waren:

- hoeveel mijnen hebt u gezien?
- hoeveel last hebt u van uw ogen (op een schaal van 1 t/m 5, 1=heel weinig, 5=heel veel)?
- hoeveel last hebt u van het draagstel (schaal 1 t/m 5)?
- hoeveel last hebt u van vermoeidheid (schaal 1 t/m 5)?

Vervolgens gaf de bijrijder een rapportcijfer (schaal 1 t/m 10, met 1=heel slecht tot 10=heel goed) voor de rijprestatie van de bestuurder. Deze had betrekking op hoe comfortabel en vloeiend het rijden was, hoe goed er werd ingestuurd in bochten en of er paaltjes of bomen waren geraakt door het voertuig.

Daarna sprak de bijrijder in hoeveel last hij zelf had van de ogen, het draagstel en vermoeidheid (alle weer op een schaal van 1 t/m 5).

Elke rit duurde ongeveer twee uur. Voor de eerste rit, na de eerste rit en na de tweede rit voerden zowel de chauffeur als de bijrijder de flippertest voor visuele vermoeidheid uit, zie § 2.3. Na afloop van elke rit vulden de chauffeur en de bijrijder telkens een vragenlijst in (zie § 3.4). Daarnaast zijn de tijden gemeten op een slalomtest die is uitgevoerd bij een instructie om 30 km/u te rijden, 50 km/u of met een zelf te kiezen snelheid.

2.2 Proefpersonen

Aan het experiment namen 12 proefpersonen deel, waarvan een aantal ervaren testrijders van het Fennek beproevingsteam. Alle proefpersonen waren beroepsmilitairen van de KL en voor het experiment geselecteerd door de KL. Alle proefpersonen beschikten over een goede visus (≥ 0.8 op de Snellen test) en een normaal niveau van diepte zien ($\geq V_0$ op de stereo test). Geen van de proefpersonen was brildragend.

2.3 Apparatuur en testen

Voertuigen. Aangezien de rijsnelheid een belangrijke maat is voor rijprestatie is er met één type voertuig gewerkt. Gezien de noodzaak om minimaal over drie voertuigen te beschikken die gelijktijdig reden is gekozen voor de Mercedes Benz (MB) terreinvoertuigen. Wanneer er voor meerdere typen van voertuigen gekozen zou worden zouden deze onderling niet vergelijkbaar zijn en het aantal metingen te groot worden voor de beschikbare experimenteer tijd. De MB's beschikten over een radio waarmee de bijrijders met de shelter communiceerden.

Lichtmetingen. Op verscheidene momenten tijdens de nacht zijn er lichtmetingen verricht buiten de shelter in de open lucht met de PR550. Deze geeft waarden in mlx.

HV-kijkers. Er zijn drie verschillende typen HV-kijkers getest van twee verschillende fabrikanten, hier aangeduid als ITL resp. DSS (Delft Sensor Systems). De drie typen zijn: Monoculair (A), Binoculair perfect uitgelijnd (B), en Binoculair uitgelijnd met een representatieve fout (C). De uitlijning werd na elke nacht gecontroleerd en eventueel bijgesteld. De uitlijningsfout (C) was gemiddeld 0,85 graden in grootte en divergent/dipvergent in richting. De goed uitgelijnde systemen (B) hadden een gemiddelde fout van 0,12 graden. Vier van de vijf ITL kijkers zijn geleverd met een Gen 3 buis en één met een XD4 buis. Zie Kooi (1999) voor details. Gedurende week 1 werd de kijker met XD4 buis gebruikt voor de monoculaire configuratie (A); in de tweede week werd deze kijker geplaatst in de goed uitgelijnde binoculaire kijker (B). Van de DSS kijkers waren er twee met Gen3 buis.

Elke proefpersoon heeft een testrit uitgevoerd met elk van de drie typen, maar van slechts één fabrikant. Daarnaast heeft iedere proefpersoon drie maal als bijrijder meegereden, waarbij de kijkers van de andere fabrikant zijn gebruikt. Type is dus een binnen-proefpersoonsfactor.

Visuele testen. Voorafgaand aan het experiment is de TNO visus test uitgevoerd bij daglicht, en de TNO Stereo test voor het meten van de diepteperceptie in de shelter. De flippertest voor het meten van visuele vermoeidheid (Kooi, 1996) is telkens direct voorafgaand aan de eerste rit per nacht, direct na binnengang van de eerste rit en direct na binnengang van de

tweede rit per nacht afgenumen, voor zowel de chauffeurs als de bijrijders. De flippertest is telkens met het dominante oog en met twee ogen afgenumen (BINO).

Slalomtest. Deze werd uitgevoerd op een geasfalteerde rechte weg. Iedere proefpersoon heeft deze test uitgevoerd met alle drie typen HV kijkers. Voor elke kijker werden er 3 achtereenvolgende ritten gemaakt door het slalomparcours, de eerste met de instructie om met een constante snelheid van 30 km/u te rijden, de tweede met de instructie om met een constante snelheid van 50 km/u te rijden, en de derde om zelf een veilige snelheid te kiezen. De rijtijd werd gemeten in seconden met een stopwatch. Daarnaast werd het aantal omgereden pylonen geteld. Het slalomparcours bestond uit een serie van 9 pylonen op een onderlinge afstand van 20 m. De proefpersonen dienden tussen de pylonen door te rijden zonder ze met het voertuig te raken. Tussen de startstreep en de eerste pylon was een afstand van 10 m. De totale lengte van start tot finish was dus 170 m.

Subjectieve oordelen. Na afloop van elke rit vulden zowel de chauffeur als de bijrijder een vragenlijst in waarin een aantal subjectieve oordelen werden gevraagd. Daarbij werden de volgende vragen gesteld (zie Bijlage A).

Vraag 1: In welke mate had u last van de volgende aspecten tijdens het rijden (schaal 1 t/m 5, met 1=geen last, 2=weinig last, 3=redelijke last, 4=veel last en 5=erg veel last).

- nekkrampt
- druk(punten) op het hoofd
- verschuiven van de kijker
- oogpijn
- duizeligheid
- dubbelzien
- foutief diepteziën
- vermoeidheid.

Vraag 2: Heeft u gedurende de gehele test beide ogen opengehouden (gescoord als ja=1, nee=0)

Vraag 3: Had u de neiging om 1 oog te sluiten (gescoord als ja=1, nee=0)

Vraag 4: Hoe goed was de beeldkwaliteit (scherpte) (gescoord op een schaal van 0 t/m 10, met als ankerpunten 4=slecht, 6=redelijk en 8=goed)

Vraag 5: Hoe vaak moest u de kijker tijdens het rijden rechtzetten (gescoord op een schaal van 1=zelden tot 5=vaak)

Vraag 6: Hoe goed is de kijker voor de ogen te positioneren (gescoord op een schaal van 0 t/m 10, met als ankerpunten 4=slecht, 6=redelijk en 8=goed)

Vraag 7: Wat is uw algemene oordeel over de bruikbaarheid van de kijker (gescoord op een schaal van 0 t/m 10, met als ankerpunten 4=slecht, 6=redelijk en 8=goed)

2.4 Variabelen

Onafhankelijke variabelen. Er werden per nacht 2 ritten achter elkaar uitgevoerd (22.00–24.00 en 00.30–02.30). Tijdens de uitvoering van het experiment bleek dat de HV kijkers van DSS soms storingen gaven, waardoor gedurende langere tijd één van de buizen uitviel. Aangezien deze problemen niet op tijd opgelost konden worden is er voor gekozen om alleen de HV kijkers van ITL voor de chauffeurs te gebruiken, terwijl de HV kijkers van DSS uitsluitend voor de bijrijders zijn gebruikt. Dit leidt tot een schema met de volgende kenmerken (zie ook Tabel I):

- 1) Elke proefpersoon heeft drie ritten uitgevoerd als chauffeur, met alleen HV-kijkers van ITL, en 3 keer als bijrijder met de kijkers van DSS.
- 2) Een bepaalde proefpersoon reed altijd ofwel in het eerste deel of in het tweede deel van de nacht.
- 3) Aan een bepaalde proefpersoon was een vaste bijrijder gekoppeld. Dat heeft als voordeel dat verschillen in betrouwbaarheid tussen beoordelaars (bijrijders) constant zijn voor elke proefpersoon, en dat de inter-beoordelaarsbetrouwbaarheid constant is tussen HV-kijker configuratie (A, B, en C).

Tabel I Verdeling van de ritten over de nachten. Elke cel bevat de combinatie chauffeur/bijrijder, systeem en fabrikant, met in elke rij de proefpersoon. c=chauffeur, b=bijrijder. A=monoculair, B=binoculair perfect uitgelijnd, C=binoculair met standaard uitlijningsfout. 1=fabrikant ITL, 2=fabrikant DSS.

PP	nacht 1		nacht 2		nacht 3		nacht 4		nacht 5		nacht 6	
	rit 1	rit 2										
1	c.A1	b.A2	c.B1	b.B2	c.C1	b.C2						
2	c.B1	b.B2	c.C1	b.C2	c.A1	b.A2						
3	c.C1	b.C2	c.A1	b.A2	c.B1	b.B2						
4	b.A2	c.A1	b.B2	c.B1	b.C2	c.C1						
5	b.B2	c.B1	b.C2	c.C1	b.A2	c.A1						
6	b.C2	c.C1	b.A2	c.A1	b.B2	c.B1						
7							c.A1	b.A2	c.B1	b.B2	c.C1	b.C2
8							c.B2	b.B2	c.C1	b.C2	c.A1	b.A2
9							c.C2	b.C2	c.A1	b.A2	c.B1	b.B2
10							b.A2	c.A1	b.B2	c.B1	b.C2	c.C1
11							b.B2	c.B1	b.C2	c.C1	b.A2	c.A1
12							b.C2	c.C1	b.A2	c.A1	b.B2	c.B1

Type HV-kijker is een binnen-proefpersoonsfactor met 3 niveaus (A, B en C). Het deel van de nacht is een tussen-proefpersoonsfactor (eerste vs. tweede deel van de nacht). Gedurende het tweede deel van de nacht zal naar verwachting de vermoeidheid groter zijn dan tijdens het eerste deel van de nacht. Immers, in het tweede deel van de nacht heeft de chauffeur reeds

gedurende langere tijd een HV bril gedragen als bijrijder in het eerste deel van de nacht. Daarnaast is er binnen elke ronde de factor ‘complexiteit van de taakuitvoering’, gevarieerd. Elke rit bestond uit het gedurende maximaal twee uur rijden over een vaste route. De route werd in gemiddeld ongeveer 15 minuten afgelegd. In theorie konden er dan 8 rondes worden gereden, maar de meeste proefpersonen gaven het na 6 of 7 rondes op vanwege toenemende vermoeidheid of omdat men verder rijden niet verantwoord achtte. De route bestond uit 5 verschillende segmenten die varieerden in taakcomplexiteit. In Tabel II staan de verschillende segmenten beschreven.

Tabel II Segmenten waaruit de route bestond.

<i>segment</i>	<i>beschrijving</i>	<i>complexiteit</i>	<i>lengte (km)</i>
GEEL	smal bospad, kronkelig, weinig geaccidenteerd	midden	2,28
BLAUW	smal bospad, zeer kronkelig, zeer geaccidenteerd	hoog	2,83
MO801	breed zandpad, recht, vlak	laag	1,85
KUIL	brede kuil	midden	0,25
MO802	breed zandpad, recht vlak	laag	2,25

‘Terreincomplexiteit’ is dan een binnen-proefpersoonsvariabele met twee niveaus. In de statistische analyses is terreincomplexiteit als een factor getoetst op de gemiddelde rijsnelheden. Segment MO801 is daarbij de gemakkelijkste en segment BLAUW de moeilijkste, met segment GEEL daar tussenin. Segment MO801 wordt daarnaast getoetst tegenover segment KUIL.

Als een controle variabele om achteraf na te kunnen gaan of de mate van duisternis invloed heeft gehad op m.n. het rijden met een monoculaire HV-kijker, is het beschikbare licht gemeten.

Afhankelijke variabelen. Als afhankelijke variabelen voor de rijprestatie zijn de volgende maten gebruikt:

- 1) Gemiddelde rijsnelheid voor elk segment van de route. Deze is bepaald als de lengte van het segment in m, gedeeld door de rijtijd in s. Deze waarde is vermenigvuldigd met 3,6 om de snelheid in km/u te krijgen. De rijsnelheid is gemiddeld over alle rondes per rit.
- 2) Het aantal omgereden pylonen op de pylonen testrit en de gemiddelde rijsnelheid voor de instructie om met 30 km/u, 50 km/u en met een zelf te kiezen snelheid te rijden. Daarnaast is het absolute verschil tussen de gemiddelde rijsnelheid bij de 30 en 50 km/u instructie en de geïnstrueerde snelheid berekend. Deze geeft de fout in het rijden met een opgedragen snelheid.
- 3) Het aantal volledig gereden rondes voordat de chauffeur (of de bijrijder) aangaven te willen stoppen.
- 4) Aantal waargenomen mijnen.
- 5) Door bijrijder beoordeelde rijprestatie.

- 6) Vragen die gesteld zijn door de bijrijder aan het eind van elke ronde (last van de ogen etc.).
- 7) Subjectieve oordelen vragenlijsten na afloop van elke rit
- 8) Scores op flippertest voor visuele vermoeidheid.

De resultaten zijn geanalyseerd met behulp van variantieanalyses, repeated measurements waar toepasselijk. Verschillen tussen type HV kijkers zijn paarsgewijs getoetst met de Tukey test. Daarnaast zijn er een aantal χ^2 toetsen uitgevoerd, wanneer de aard van de gegevens daartoe aanleiding gaf, zoals bij ja/nee antwoorden.

3 RESULTATEN

3.1 Lichtmetingen en weersomstandigheden

De lichtintensiteit varieerde vrij sterk tussen de nachten, evenals de hoeveelheid neerslag die er viel. Met name in de eerste week heeft het vooral op de twee dag veel geregend. Hoewel de derde nacht helder was, d.w.z. weinig bewolking en redelijk zicht met het blote oog, waren de terreinomstandigheden toen dusdanig dat er over het blauwe segment niet gereden kon worden. Door de regenvall van de vorige dag was het terrein zo nat dat de voertuigen er vast kwamen te zitten. Er is toen besloten om op die dagen niet gebruik te maken van het blauwe segment. Daardoor is het aantal metingen voor het blauwe segment lager dan voor de andere segmenten. In onderstaande tabel staat de resultaten van de lichtmetingen met de PR550.

Tabel III Resultaten lichtmetingen voor de 6 nachten waarin gereden is (in mlux).

<i>nacht 1</i>	<i>nacht 2</i>	<i>nacht 3</i>	<i>nacht 4</i>	<i>nacht 5</i>	<i>nacht 6</i>
26	28	102	45	38	59

Er is getoetst of effecten van HV type op rijsnelheden op de verschillende segmenten afhankelijk waren van het beschikbare licht. Immers, het is mogelijk dat bij de monocular HV kijkers de invloed van het beschikbare licht groter is dan bij de binoculaire kijkers wat betreft de effecten op de rijsnelheden. Dat bleek niet het geval. Ook de mate waarin de chauffeur tijdens het rijden last had van de ogen, van het draagstel of van vermoeidheid en de door de bijrijder beoordeelde rijprestatie voor de verschillende typen HV kijkers bleken niet door de hoeveelheid beschikbaar licht te zijn beïnvloed. Aangezien de factor beschikbaar licht geen significant effect had op de mate waarin deze variabelen beïnvloed zijn door type HV kijker wordt beschikbaar licht in de volgende analyses buiten beschouwing gelaten.

3.2 Effecten op het rijgedrag

Rijnsnelheid tijdens het terreinrijden. De gemiddelde rijnsnelheid tijdens het terreinrijden nam af naarmate de taakcomplexiteit toenam. Bij toetsing van de effecten van segment MO810 (lage complexiteit), segment GEEL (middelmatige complexiteit) en segment BLAUW (hoge complexiteit) bleek een statistisch significant effect van complexiteit van het segment op gemiddelde snelheid [$F(52,2)=268, p<.001$], zie Figuur 1. Het effect van type HV kijker was niet significant en de interactie van taakcomplexiteit met type HV kijker was ook niet significant ($p=.661$ resp. $.994$).

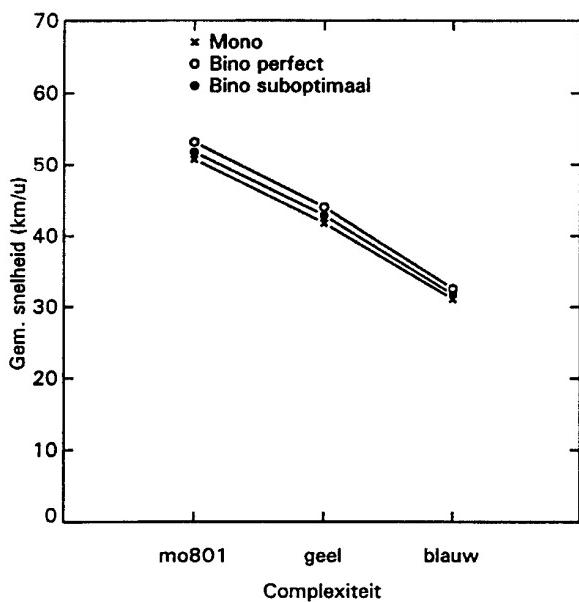


Fig. 1 Effect van taakcomplexiteit (de segmenten MO801, GEEL en BLAUW) en type HV kijker op gemiddelde rijnsnelheid.

Dat betekent dat de gemiddelde snelheden niet beïnvloed zijn door of er met een monoculaire of binoculaire (al dan niet goed uitgelijnde) kijker is gereden. Uit de analyses blijkt ook niet dat de binoculaire HV kijkers tot specifiek betere rijprestaties leiden in complex (geaccidenteerd) terrein.

Ook bij de vergelijking van eenvoudig terrein versus de kuil bleken de effecten van type HV kijker en de interactie van HV kijker met segment niet statistisch significant ($p=.939$ resp. $.509$). De gemiddelde rijnsnelheid bleek ook hier significant hoger op het eenvoudige segment (mo801) dan in de kuil [$F(31,1)=79,40, p<.001$], zie Figuur 2.

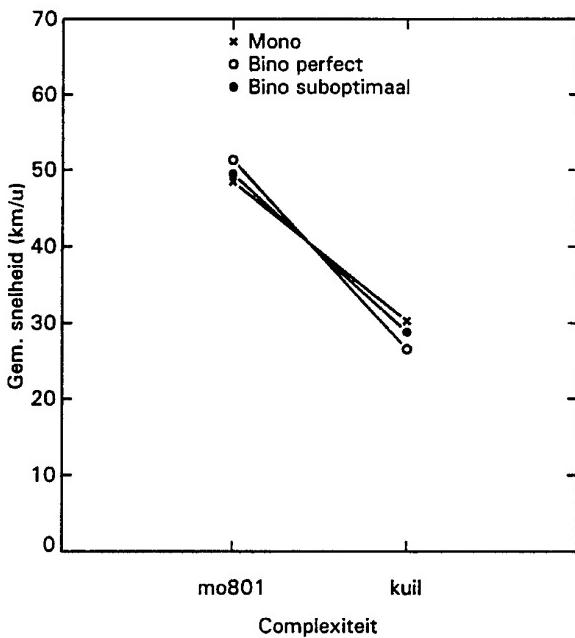


Fig. 2 Effect van taakcomplexiteit (de segmenten MO801 en KUIL) en type HV kijker op gemiddelde rijsnelheid.

Effect van type buis. Gedurende week 1 werd gereden met de XD4 buis in de monoculaire configuratie en gedurende week 2 met de XD4 buis in de goed uitgelijnde configuratie. Indien de rijsnelheden per week apart worden geanalyseerd (data niet getoond) blijkt dat in week 1 met de monoculaire configuratie 10% langzamer werd gereden terwijl er in week 2 geen verschil was. Dit gegeven suggereert dat de Gen3 buis beter presteert dan de XD4 voor de rijtaak. Dit resultaat is consistent met de iets mindere beeldkwaliteit van de XD4 buis (Kooi, 1999).

Aantal gereden rondes. Het effect van HV type op het aantal volledig gereden rondes is getoetst met de χ^2 toets. Wanneer er in totaal 1, 2, 3 of 4 rondes waren gereden werd dit gecodeerd als een 1 (voor 'weinig' rondes). Wanneer er in totaal 5, 6, 7, of 8 rondes waren gereden werd dit gecodeerd als een 2 (voor 'veel' rondes). Voor HV type werd de monoculaire conditie als een 1 gecodeerd en de beide binoculaire condities als een 2. Er bleek een significant effect te zijn ($\chi^2=5,36$, $p=.0206$) hetgeen betekent dat het percentage gevallen waarin er weinig rondes werden gereden hoger ligt in de monoculaire condities in vergelijking met de binoculaire condities. Met de binoculaire HV kijkers werd dus langer doorgereden voordat de chauffeur of de bijrijder het opgaf, zie Tabel IV.

Tabel IV Percentage gevallen waarin 1–4 rondes werden gereden vs. 5–8 rondes voor de monoculaire en de binoculaire HV condities. Met de monoculaire configuratie kon het parcours vrij vaak niet worden uitgereden.

<i>rondes</i>	<i>monoculair</i>	<i>binoculair</i>
1–4	41,7	8,7
5–8	58,3	91,3

Beoordeling rijprestatie. Tijdens de ritten werd na elke ronde door de bijrijder een beoordeling gegeven van de rijprestatie van de chauffeur op een 10-puntsschaal (rapportcijfer, met 1=heel slecht..10=heel goed). Voor de monoculaire conditie was de gemiddelde beoordeling 7,50, voor binoculair perfect uitgelijnd was dit 7,72 en voor binoculair slecht uitgelijnd 7,46. De verschillen waren niet statistisch significant.

Pylonentest. Er was geen significant effect van HV type op het aantal omgereden pylonen voor de 30 km/u ($p=.38$), 50 km/u ($p=.73$) en voor de zelfgekozen snelheidsconditie ($p=.93$). In de conditie waarin de chauffeur zelf een veilige snelheid kon kiezen was de gemiddelde snelheid bij monoculair 41,4 km/u, bij binoculair perfect 43,1 km/u en bij binoculair met uitlijningsfout 43,7 km/u. Deze snelheden verschilden niet significant tussen types HV kijkers ($p=.28$). Verder bleken er geen verschillen te zijn tussen de HV kijkers in de absolute snelheidsfout (gedefinieerd als het absolute verschil tussen de werkelijk gereden gemiddelde snelheid en de geïnstrueerde snelheid). De pylonentest geeft dus geen aanleiding om te veronderstellen dat de snelheidsinschatting (gemeten met de absolute snelheidsfout), de kwaliteit van het stuurgezag (gemeten met het aantal omgereden pylonen) en de risicopercepcie (gemeten met de zelf gekozen snelheid) beïnvloed worden door het type HV kijker.

Rapportering aantal waargenomen mijnen. Na elke ronde rapporteerde de chauffeur hoeveel mijnen hij had gezien. Het absolute verschil met het werkelijke aantal geplaatste exercitie-mijnen is berekend. Er was geen significant effect van type HV kijker op deze fout.

3.3 Effecten op het discomfort

Beoordelingen tijdens het rijden. Tijdens het rijden stelde de bijrijder na elke ronde een aantal vragen over het discomfort aan de bestuurder. Daarnaast gaf de bijrijder zelf ook een beoordeling van het zelf ervaren discomfort. De antwoorden bestonden uit een score van 1 t/m 5 (1=heel weinig last en 5=heel veel last). In Tabel V staan de gemiddelde waarden vermeld, tezamen met de *F*-waarden en de significantieniveaus.

Tabel V Beoordelingen discomfort chauffeur tijdens rijden (n.s. = niet significant).

vraag	HV type			effect		
	mono (1)	bino goed (2)	bino fout (3)	F	p	verschil
last ogen	1,91	1,21	1,27	5,21	.01	1 vs. 2,3
last draagstel	1,78	2,06	2,08	0,26	n.s.	geen
last vermoeidheid	1,53	1,02	1,28	1,84	n.s.	geen

In de monoculaire conditie gaf de bestuurder aan meer last van de ogen te hebben dan in de twee binoculaire condities. Er was geen verschil tussen de twee binoculaire condities. Er waren geen verschillen tussen de HV condities in de mate waarin de bestuurder last had van het draagstel of van vermoeidheid.

In Tabel VI staan de waarden voor de beoordeling door de bijrijder. Hieruit blijkt dat de bijrijders aangaven veel last te hebben van het draagstel in de beide binoculaire condities. In de beide binoculaire condities gaf men aan significant meer last te hebben van het draagstel dan in de monoculaire conditie, terwijl de verschillen tussen de beide binoculaire condities niet significant waren. Verder valt op dat, in tegenstelling tot de bestuurders, de bijrijders in de monoculaire conditie niet aangaven meer last van de ogen te hebben dan in de binoculaire condities.

Tabel VI Beoordelingen discomfort bijrijder tijdens rijden (n.s. = niet significant).

vraag	HV type			effect		
	mono (1)	bino goed (2)	bino fout (3)	F	p	verschil
last ogen	1,61	1,25	1,92	0,66	n.s.	geen
last draagstel	2,04	3,88	4,21	16,12	< .001	1 vs. 2,3
last vermoeidheid	1,09	1,00	1,83	2,20	n.s.	geen

Beoordelingen na afloop van elke rit. Na afloop van elke rit is door zowel de bestuurder als de bijrijder het discomfort op een aantal aspecten op een vragenlijst ingevuld.

In Tabel VII staan deze aspecten vermeld voor de chauffeur, tezamen met de gemiddelde waarden en de statistische effecten. In Tabel VIII staat dit vermeld voor de beoordelingen van de bijrijder. Alle aspecten zijn beoordeeld op een schaal van 1 t/m 5, met 1=geen last en 5=erg veel last.

Tabel VII Beoordelingen aspecten van discomfort chauffeur op vragenlijst.

vraag: last van ...	HV type			effect		
	mono (1)	bino goed (2)	bino fout (3)	F	p	verschil HV type
nekkramp	1,08	1,00	1,27	2,16	n.s.	geen
drukpunten	2,08	2,91	2,36	1,47	n.s.	geen
verschuiven kijker	1,33	2,00	1,45	2,06	n.s.	geen
oogpijn	2,75	1,82	1,73	3,61	.04	geen
duizeligheid	1,08	1,55	1,09	1,47	n.s.	geen
dubbelzien	2,25	1,18	1,18	3,66	.04	geen
foutief dieptezielen	2,58	1,73	1,09	6,26	.005	1 vs. 3
vermoeidheid	2,58	2,00	1,73	2,36	n.s.	geen

Voor de chauffeurs geldt dat het grootste verschil tussen HV kijkers op deze aspecten zit in het foutief dieptezielen. In de monosculaire conditie wordt het dieptezielen vaker als foutief ingeschat. Bij paarsgewijze vergelijking (Tukey test) is alleen het verschil tussen monosculair en binoculair met uitlijningsfout significant. Hoewel het aspect oogpijn bij de paarsgewijze vergelijking geen significante verschillen tussen HV kijkers laat zien is er toch duidelijk een significant effect van HV kijker op het last hebben van oogpijn. Uit de tabel blijkt dat men in de monosculaire conditie meer last heeft van oogpijn dan in de binoculaire condities. Dit komt overeen met vragen over discomfort die tijdens het rijden zijn gesteld. Ook is er een significant effect van HV kijker op 'last van dubbelzien'. Bij monosculaire kijkers gaven de chauffeurs aan meer last te hebben van dubbelzien. Het visuele comfort voor de chauffeurs was dus lager bij de monosculaire kijkers dan bij de binoculaire kijkers.

Tabel VIII Beoordelingen aspecten van discomfort bijrijder op vragenlijst.

vraag: last van ...	HV type			effect		
	mono (1)	bino goed (2)	bino fout (3)	F	p	verschil HV type
nekkramp	1,08	1,45	1,27	0,89	n.s.	geen
drukpunten	1,92	3,55	4,36	17,30	<.001	1 vs. 2,3
verschuiven kijker	2,50	4,18	4,70	10,98	<.001	1 vs. 2,3
oogpijn	2,00	2,18	2,60	0,66	n.s.	geen
duizeligheid	1,25	1,91	2,18	1,51	n.s.	geen
dubbelzien	2,08	1,45	1,91	0,80	n.s.	geen
foutief dieptezielen	2,67	1,64	1,90	2,36	n.s.	geen
vermoeidheid	2,33	2,18	2,64	0,37	n.s.	geen

De beoordelingen van de bijrijders verschillen duidelijk van die van de chauffeurs, maar geven een gelijksoortig beeld als de vragen die tijdens het rijden zijn gesteld. De bijrijders hadden meer last van drukpunten op het hoofd en van het verschuiven van de kijker bij de beide binoculaire kijkers, in vergelijking met de monoculaire kijkers. Deze items hebben te maken met het gewicht van de kijker en/of de bevestiging (draagstel). Het visuele comfort en de vermoeidheid worden echter niet verschillend beoordeeld voor de monoculaire versus de binoculaire kijkers.

Visuele vermoeidheid. Voorafgaand aan de eerste rit en na elke rit is er de flippertest afgenoem om de visuele vermoeidheid te meten. Er waren geen effecten van HV kijker op deze test, zowel voor het meten met het dominante oog als voor het gelijktijdig meten met beide ogen.

3.4 Effecten op de subjectieve beoordeling van de HV kijkers

Na afloop van elke rit is zowel door de bestuurder als door de bijrijder een vragenlijst ingevuld met beoordelingen van de HV kijkers.

Sluiten van één oog. De vragen ‘hebt u gedurende de gehele test de ogen opengehouden’ en ‘had u de neiging om 1 oog te sluiten’ konden beide met ja of nee beantwoord worden. De antwoorden zijn geanalyseerd met de χ^2 toets waarbij de monoculaire conditie vergeleken is met de beide binoculaire condities tezamen.

In de monoculaire conditie heeft 67,7% van de chauffeurs de ogen gedurende de gehele test open gehouden (dus 33,3% niet), terwijl in de binoculaire condities 100% van de chauffeurs aangaf de ogen gedurende de gehele test open te hebben gehouden. Dit verschil was statistisch significant ($\chi^2=8,31, p<.01$). Op de vraag ‘had u de neiging om 1 oog te sluiten’, gaf 75% van de chauffeurs in de monoculaire condities een bevestigend antwoord, tegenover 0% van de chauffeurs in de binoculaire condities. Ook dit verschil was significant ($\chi^2=22,44, p<.001$).

De antwoorden van de bijrijders waren vergelijkbaar. Van de bijrijders gaf 58,3% in de monoculaire conditie aan de ogen gedurende de gehele rit open te hebben gehad (41,7% niet) tegenover 86,4% in de binoculaire condities (en 13,6% niet). Het verschil was marginaal significant ($\chi^2=3,39, p=0.07$). Het percentage van de bijrijders in de monoculaire conditie dat de neiging had om 1 oog te sluiten was 83,3 tegenover 18,2 in de binoculaire condities ($\chi^2=13,61, p<.01$).

Deze resultaten geven aan dat er in de monoculaire condities vaker met 1 oog gesloten werd gereden, waardoor er geen gebruik gemaakt werd van informatie die met het vrije oog kon worden waargenomen.

Beeldkwaliteit. De vraag ‘hoe goed was de beeldkwaliteit (scherpte)’ werd geschaald naar een 10-puntsschaal met als ankerpunten 4=slecht, 6=redelijk en 8=goed. Er was geen significant effect gevonden van type HV kijker. De beeldkwaliteit van de verschillende typen kijkers werd door de chauffeurs als redelijk tot goed beoordeeld. Er was echter wel een sterk verschil in de beoordeling van de beeldkwaliteit tussen de chauffeurs en de bijrijders [$F(31,1)=18,59, p<.001$]. De bijrijders beoordeelden de beeldkwaliteit als redelijk. De HV kijkers verschilden in fabrikaat: de chauffeurs gebruikten ITL kijkers, en de bijrijders kijkers van DSS.

Rechzetteren en positioneren van de kijkers. De vraag ‘hoe vaak moest u de kijker tijdens het rijden rechzetteren’ werd geschaald naar een 5-puntsschaal, met als ankerpunten 1=zelden en 5=vaak. Hierin was een groot verschil tussen de antwoorden van de chauffeurs en de bijrijders. De chauffeurs gaven i.h.a. aan dat ze de kijker zelden hoefden recht te zetten en voor de chauffeurs was er geen effect van type kijker. De bijrijders gaven aan dat ze veel vaker de kijker moesten rechzetteren, dan wel gedurende de rit met beide handen moesten vasthouden. Het verschil tussen de chauffeurs en de bijrijders is significant [$F(31,1)=81,05, p<.001$]. Voor de bijrijders is er een significant effect van type HV kijker op hoe vaak de kijker rechtgezet moet worden [$F(31,2)=8,15, p<.01$], waarbij de paarsgewijze vergelijking aangaf dat de monoculaire conditie verschildde van beide binoculaire condities, zie Tabel IX.

Tabel IX Beantwoording van de vraag ‘hoe vaak moest u de kijker tijdens het rijden rechzetteren’ (1=zelden, 5=vaak).

	HV type			effect		
	mono (1)	bino goed (2)	bino fout (3)	F	p	verschil HV type
chauffeurs	1,08	1,64	1,00	1,98	n.s.	geen
bijrijders	2,67	4,27	5,00	8,15	<.01	1 vs. 2,3

De klachten van de bijrijders over het rechzetteren van de HV kijkers worden, conform de resultaten in § 3.3, veroorzaakt door de bevestiging van de kijkers. Ook op de vraag ‘hoe goed is de kijker voor de ogen te positioneren’, oordelen de bijrijders significant negatiever dan de chauffeurs [$F(31,1)=28,23, p<.001$]. Er was hier echter geen effect van HV kijker.

Algemeen oordeel bruikbaarheid. De vraag ‘wat is uw algeheel oordeel over de bruikbaarheid van de kijker’ is geschaald op een 10-puntsschaal, met 10=heel goed. De bijrijders geven een significant slechtere beoordeling dan de chauffeurs [$F(31,1)=49,32, p<.001$]. Het oordeel van de bijrijders is waarschijnlijk beïnvloed door de klachten over de draagconstructie. Het oordeel van de chauffeurs over de bruikbaarheid wordt bepaald door het type HV kijker. De chauffeurs vinden beide typen monoculaire kijkers gemiddeld ‘goed’ (rond de 8) terwijl de binoculaire kijker gemiddeld als ‘matig/redelijk’ wordt beoordeeld (rond de 6). Het oordeel

van de chauffeurs over de monoculaire kijkers was significant negatiever dan het oordeel over de beide binoculaire kijkers, zie Tabel X.

Tabel X Beantwoording van de vraag ‘wat is uw algeheel oordeel over de bruikbaarheid van de kijker’ (1=zeer slecht, 10=zeer goed).

	<i>HV type</i>			<i>effect</i>		
	<i>mono</i> (1)	<i>bino goed</i> (2)	<i>bino fout</i> (3)	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>verschil</i> <i>HV type</i>
chauffeurs	5,92	7,82	8,09	5,19	< .01	1 vs. 2,3
bijrijders	4,67	5,64	4,45	1,33	n.s.	geen

4 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

4.1 Hoofdbevestiging

De beoordeling van de hoofdbevestiging laat een iets ander beeld zien dan de beoordeling tijdens een eerder experiment waarbij de proefpersonen gedurende 45 à 60 minuten met een monoculaire HV bril door het veld liepen (Daanen, Kooi & Hin, 1999). Terwijl in de huidige beproeving het ITL gelaatsmasker beter wordt bevonden dan de DSS masker met hoofd-kin bevestiging, scoorde de DSS in het vorige experiment als beste. Dit verschil in uitkomst kan aan drie oorzaken te wijten zijn die hier worden besproken: gewicht van de HV bril, type taak, en duur van de taak. Allereerst moet worden opgemerkt dat uit de loopbeproeing weinig verschil naar voren kwam, ITL ontving toen een score van 2 en DSS een score van 1,2 waarbij 1 de best mogelijke score is en 5 de slechtste (Daanen, Kooi & Hin, 1999).

Gewicht. Een deel van de slechtere score van het DSS masker in de huidige beproeving kan worden verklaard door het extra gewicht van de binoculaire DSS configuratie. Het grotere gewicht van de DSS kijker (vergeleken met de ITL kijker) weegt dan namelijk dubbel. De resultaten laten zien dat het draagcomfort van de DSS binoculair beduidend minder is dan van de DSS monoculair, terwijl er geen monoculair-binoculair verschil is voor ITL.

Duur. Een halfgelaatsmasker heeft een groter raakvlak met het hoofdoppervlak dan een hoofd-kin masker. Het ligt daarom in de lijn der verwachting dat het halfgelaatsmasker als relatief comfortabeler beoordeeld is na de rijtaak (2 uur) dan na het patrouillelopen (1 uur).

Type taak. Terreinrijden schokt en schudt over het algemeen meer dan het patrouillelopen (hoewel in de eerdere beproeving een springsessie was opgenomen). De stabiliteit van de hoofdbevestiging zal daarom bij het terreinrijden een belangrijkere rol spelen. Uit het aantal keer dat de binoculaire kijkers moeten worden rechtgezet (Tabel IX) blijkt dat dit voor de bijrijders (DSS) een groot probleem was maar niet voor de chauffeurs (ITL). Het is daarom

waarschijnlijk dat de DSS hoofd-kin bevestiging onvoldoende stabiel is voor de rijtaak maar wel voldoende stabiel voor de looptaak met monoculaire configuratie in niet al te moeilijk terrein.

Samengevat kan worden geconcludeerd dat een langdurige rijtaak stringente eisen stelt aan de hoofdbevestiging wat betreft de stabiliteit. De beproeving toont aan dat, met name met de binoculaire configuratie, een gelaatsmasker de beste optie is.

4.2 Prestatie van de monoculaire configuratie

De rijsnelheid en rijnauwkeurigheid laten geen verschil zien tussen de monoculaire en binoculaire configuraties. De enquêteresultaten voor de monoculaire configuratie zijn lager wat betreft het kijkcomfort (chauffeur), het draagcomfort (bijrijder), foutief dieptezien (chauffeur), de stabiliteit van de kijker voor de ogen (bijrijder), de noodzaak om de kijker recht te zetten (bijrijder) en het algemene oordeel (chauffeurs). Daarnaast hield men er met de monoculaire configuratie veel sneller mee op. Blijkbaar is het enerzijds wel mogelijk om even snel te rijden, maar schiet anderzijds het comfort met de monoculaire configuratie tekort. Als reden voor het vroegtijdig stoppen met rijden werd soms opgegeven dat men “met dit systeem onder operationele omstandigheden niet verder zou rijden”. Het komt er op neer dat de chauffeurs aangeven dat de beeldkwaliteit onvoldoende zou zijn in onbekend terrein. De goede rijprestaties met de monoculaire configuratie maakt deze beslissing verwonderlijk, tenzij de bekendheid van de chauffeurs met het parcours dermate groot was dat de rijsnelheid primair door motorische beperkingen bepaald werd en slechts secundair door de beeldkwaliteit. Indien de KL overweegt om chauffeurs uit te rusten met een monoculair systeem zou deze hypothese getest kunnen worden d.m.v. een rijproef in onbekend terrein. OCMAN (persoonlijke communicatie) heeft na afloop van de hier besproken beproeving een dergelijke test uitgevoerd in Duitsland met het verwachte resultaat, nl. dat de rijsnelheid met de monoculaire configuratie lager ligt.

4.3 Algemene conclusies

De resultaten van het huidige experiment verhelderen een aantal van de gestelde vragen betreffende de optimale HV bril configuratie voor het rijden bij nacht.

- 1) Ten eerste blijkt het rijden met een binoculaire bril goed te doen, ook met een uitlijningsfout. De bezwaren van onvoldoende draag- en kijkcomfort blijken ongegrond.
- 2) Ten tweede blijkt het rijden met een monoculaire bril even goede prestaties (rijsnelheid en nauwkeurigheid) op te leveren, hoewel de duur waaronder comfortabel gereden kan worden beduidend minder is.

- 3) Ten derde lijkt het er op dat de DSS hoofd-kin constructie onvoldoende stabiliteit biedt voor de rijtaak.
- 4) Tijdens eerdere beproevingen opgemerkte verschillen tussen de ITL en DSS kijkers kwamen in deze beproeving in sterkere mate naar boven.

Voor de aanschaf van nieuw materieel betekent dit dat het combineren van twee monosculaire kijkers tot een binoculaire rijbril een goede keuze is met oog op een flexibele inzetbaarheid. Voor de afweging van het type hoofdbevestiging wordt verwezen naar een separaat rapport (Hin, in bewerking).

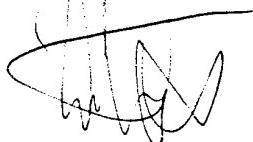
REFERENTIES

- Brown, I.D. & McFaddon, S.M. (1986). Display parameters for driver control of vehicles using indirect viewing. In A.G. Gale et al. (Eds.), *Vision in Vehicles* (pp. 265-274). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Daanen, H.A.M., Kooi, F.L. & Hin, A.J.S. (1999). *Hoofdbevestiging van monoculaire HV-kijkers voor verkenners* (Rapport TM-99-A054). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- DeLucia, P.R. & Task, H.L. (1995). Depth and collision judgment using night vision goggles. *The International Journal of Aviation Psychology*, 5, 371-386.
- Drascic, D. (1991). Skill acquisition and task performance in teleoperation using monoscopic and stereoscopic video remote viewing. *Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting* (pp. 1367-1371).
- Groeger, J.A. & Brown, I.D. (1988). Motion perception is not direct with indirect viewing systems. In A.G. Gale et al. (Eds.), *Vision in Vehicles II* (pp. 27-34). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Hin, A.J.S (in voorbereiding). *Helmbevestiging van monoculaire HV-kijkers* (Rapport TM-99-A....). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Hudson, D.T. (1986). Driving at night in armoured fighting vehicles. In A.G. Gale et al. (Eds.), *Vision in Vehicles* (pp. 275-282). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Jones, R. & Lee, D.N. (1981). Why two eyes are better than one: two views of binocular vision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 30-40.
- Kooi F.L. (1996). Visual strain: a comparison of monitors and head-mounted displays. Proceedings Europto Series "Imaging Sciences and Display Technologies". *SPIE*, 2949, 162-171.
- Kooi, F.L. (in voorbereiding). *Evaluatie 'hands-free' HV-kijkers* (Rapport TM-99-A....). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Rinalducci, E.J. (1996). Characteristics of visual fidelity in the virtual environment. *Presence*, 5, 330-345.
- Roscoe, S.N. (1984). Judgments of size and distance with imaging displays. *Human Factors*, 26, 617-629.
- Steward, J.E. (1997). The effects of the AH-64A pilot's night vision system on the performance of seven simulated maneuver tasks. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7, 183-200.
- Van Erp, J.B.F. & Van Winsum, W. (1999). *The role of stereo vision in driving armoured vehicles in rough terrain* (Report TM-99-A016). Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors Research Institute.
- Venturino, M. & Wells, M.J. (1990). Head movements as a function of field-of-view size on a helmet-mounted display. *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting* (pp. 1572-1576).

Wood, J.M. & Troutbeck, R. (1992). Effect of restriction of the binocular visual field on driving performance. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 12, 291-298.

Wood, J.M. & Troutbeck, R. (1994). Effect of visual impairment on driving. *Human Factors*, 36, 476-487.

Sqesterberg, 22 november 1999



Dr. W. van Winsum
(1e auteur)



Dr. F.L. Kooi
(projectleider)

BIJLAGE A Vragenlijst

In te vullen na elke rit, na de flippertest

Proefpersoonnummer (1 t/m 12) :

Naam:

Dag: dinsdag / woensdag / donderdag

In welke mate had u last van de volgende aspecten tijdens het rijden (antwoorden op een schaal van 1 t/m 5, waarbij 1=geen, 2=weinig, 3=redelijk, 4=veel, 5=erg veel):

ASPECT	HOEVEEL LAST (1 t/m 5)
1 nekkamp ?
2 druk(punten) op het hoofd ?
3 verschuiven van de kijker ?
4 oogpijn ?
5 duizeligheid ?
6 dubbelzien ?
7 foutief dieptezielen ?
8 vermoeidheid ?

Geef aan welke van bovenstaande symptomen MINDER ERG werden gedurende het rijden:

1 2 3 4 5 6 7 8

Detailvragen

5. Heeft u gedurende de gehele test beide ogen opengehouden ?
6. Had u de neiging om 1 oog te sluiten ?
7. Hoe goed was de beeldkwaliteit (scherpte) ?
8. Hoe vaak moest u de kijker tijdens het rijden rechtzetten ?
9. Hoe goed is de kijker voor de ogen te positioneren ?
10. Wat is uw algeheel oordeel over de bruikbaarheid van de kijker ?

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. DEFENCE REPORT NO.	2. RECIPIENT ACCESSION NO.	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO.
TD 99-0368		TM-99-A077
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO.	5. CONTRACT NO.	6. REPORT DATE
788.2	A99/KL/337	22 November 1999
7. NUMBER OF PAGES	8. NUMBER OF REFERENCES	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED
27	17	Interim
10. TITLE AND SUBTITLE		
<p>De effecten van monoculaire en binoculaire helderheidsversterkers op het rijgedrag en comfort (The effects of monocular and binocular nightvision devices on driving behaviour and comfort)</p>		
11. AUTHOR(S)		
<p>W. van Winsum and F.L. Kooi</p>		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)		
<p>TNO Human Factors Research Institute Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG</p>		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)		
<p>Director of Army Research and Development Van der Burchlaan 31 2597 PC DEN HAAG</p>		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTES))		
<p>Under contract of the Royal Dutch Army, a field experiment was conducted in which night-time driving with monocular and binocular night vision goggles (NVGs) was tested in rough terrain. The effects of the NVGs was tested on driving behaviour and on various aspects of comfort. The results give answer to a number of questions that were raised concerning the optimal configuration of NVGs while driving at night. Drivers are able to drive safely at night with binocular night vision devices, also with a binocular alignment error. No serious problems related to a lack of wearing comfort or visual comfort were found. Driving with a monocular NVG results in equally good performance. However, some of the drivers were not able to complete the two hour session, implying that binocular devices are more suitable for prolonged driving. Also, the visual comfort was rated lower for the monocular NVG. The most common reason given for stopping before the end of the session with a monocular NVG is that 'they would not have continued driving under operational conditions' implying that the monocular NVG would be insufficient in unknown terrain. The binocular devices are rated positively by the drivers.</p>		
16. DESCRIPTORS		IDENTIFIERS
..		..
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)
Mailing list only		

VERZENDLIJST

1. Directeur M&P DO
2. Directie Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
 - Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
3. {
 - Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
4. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
 - Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
5. {
 - Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
6. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek CO
- 7, 8 en 9. Bibliotheek KMA, Breda
- 10, 11, 12. Ing. A.A.M. Aarssen, Directie Materieel KL, Systeem Groep Wapen en Transport Systemen, Productgroep Manoeuvre Materieel, Den Haag
- 13, 14. LKol. A.C.T. Hover, Hoofd Bureau Sectie Externe Plannen Infanterie, KCEN OCMAN, Amersfoort